

## DIGESTIBILIDAD FECAL ESTANDARIZADA DEL FÓSFORO EN CERDOS

Hans H. Stein  
University of Illinois, Urbana  
hstein@illinois.edu

### 1.- INTRODUCCIÓN

La cantidad de P disponible para ganado porcino en un ingrediente alimenticio se determina generalmente por su biodisponibilidad relativa en ese ingrediente. Para realizar esta determinación se precisan formular varias dietas conteniendo niveles crecientes del ingrediente que serán suministradas durante 4-6 semanas a los animales experimentales. Posteriormente, los animales son sacrificados, se extraen los huesos de los pies delanteros y se determina su contenido en P. El procedimiento es relativamente costoso y requiere bastante mano de obra, y, además, los resultados obtenidos para los ingredientes individuales frecuentemente no son aditivos cuando se mezclan en una ración completa. Como alternativa, puede determinarse la digestibilidad aparente fecal (**ATTD**) del P en el ingrediente alimenticio en dietas que contengan ese ingrediente como única fuente de P. En este caso, las dietas se suministran a cerdos alojados individualmente, las heces se recogen y se analiza su concentración en P. Los cerdos no son sacrificados y sólo se precisa de un pienso por ingrediente. Este método es, por tanto, menos costoso y mucho más rápido que el procedimiento para determinar la biodisponibilidad relativa del P. Se ha demostrado, sin embargo, que los valores de ATTD del P dependen del contenido en P de la dieta (Fan et al., 2001). Esto es debido a que las pérdidas endógenas de P contribuyen en

mayor proporción a la excreción fecal cuando el P se incluye a bajos niveles que cuando se incorpora a dosis elevadas. Para resolver este problema, los valores de ATTD del P deben ser corregidos por pérdidas endógenas, lo que resulta en estimaciones de la digestibilidad del P independientes de su concentración en el pienso. Estos valores son, por tanto, aditivos cuando los ingredientes se mezclan en un pienso compuesto.

## 2.- DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ENDÓGENAS

Hay dos formas de pérdidas endógenas que pueden utilizarse para corregir los valores de ATTD del P: las pérdidas endógenas basales y las pérdidas endógenas totales. Las pérdidas endógenas totales pueden calcularse por regresión (Fan et al., 2001), lo que requiere del suministro de niveles crecientes del ingrediente a los animales y, por tanto, de P. La regresión se calcula utilizando como variable dependiente la excreción de P y como variable independiente la cantidad de P ingerido. Una vez calculada, la extrapolación de la regresión a P ingerido igual a cero se asocia a las pérdidas endógenas de P. Alternativamente, las pérdidas endógenas totales de P pueden también ser determinadas utilizando piensos marcados con P radioactivo (von Lantsch et al., 1965). Sin embargo, parece difícil determinar estas pérdidas con precisión con este procedimiento, habiéndose obtenido valores comprendidos entre 8 (Akinmusire y Adeola, 2009) y 670 mg/kg de materia seca ingerida (Shen et al., 2002).

Las pérdidas endógenas totales incluyen las pérdidas endógenas basales y pérdidas endógenas específicas de la dieta utilizada. Las pérdidas endógenas basales son secretadas en respuesta a la ingestión de materia seca y no están relacionadas con la dieta suministrada. Estas pérdidas pueden estimarse suministrando una dieta libre de P (cuadro 1) y recogiendo las heces durante un periodo de 4-5 días (Petersen y Stein, 2006; Bünzen, 2009).

Este procedimiento tiene la ventaja de ser relativamente simple y menos laborioso que los métodos de determinación de las pérdidas endógenas totales. Además, los valores obtenidos son mucho menos variables, habiéndose reportado un valor medio bastante consistente para pérdidas basales endógenas de aproximadamente 200 mg/kg de materia seca ingerida.

**Cuadro 1.- Ejemplos de dietas libres de P para calcular las pérdidas endógenas basales de P en ganado porcino**

<b>Ingrediente, %</b>	<b>Postdestete</b>	<b>Crecimiento-cebo</b>
Gelatina	20,00	20,00
Aceite de soja	4,00	4,00
Solka floc	4,00	4,00
Carbonato cálcico	0,80	0,80
Sacarosa	20,00	20,00
Lactosa	20,00	-
Almidón de maíz	29,22	49,22
Mezcla de aminoácidos <sup>1</sup>	0,78	0,78
Cloruro sódico	0,40	0,40
Premix vitamínico-mineral	0,30	0,30
Carbonato potásico	0,40	0,40
Oxido de magnesio	0,10	0,10
Total	100,00	100,00

<sup>1</sup>Contiene los siguientes AA (% , en fresco): DL-metionina, 0,27; L-treonina, 0,08; L-triptófano, 0,14; L-histidina, 0,08; L-isoleucina, 0,16; y L-valina, 0,05.

### 3.- CÁLCULO DE LA DIGESTIBILIDAD FECAL ESTANDARIZADA DEL P

Los valores de la digestibilidad fecal estandarizada (STTD) del P pueden calcularse corrigiendo los valores de ATTD del P por las pérdidas endógenas. Los valores de ATTD del P pueden calcularse por la ecuación 1 (Almeida y Stein, 2010):

$$\text{ATTD del P (\%)} = [(\text{P ingerido} - \text{P excretado})/\text{P ingerido}] \times 100 \quad [1]$$

En un segundo paso, los valores de STTD del P se calculan sustrayendo de la excreción total de P la fracción correspondiente a pérdidas endógenas basales de acuerdo con la ecuación 2 (Almeida and Stein, 2010):

$$\text{STTD of P (\%)} = [(\text{P ingerido} - (\text{P excretado} - \text{pérdidas endógenas basales}))/\text{P ingerido}] \times 100 \quad [2]$$

donde P ingerido, P excretado y pérdidas endógenas basales están expresadas en g/d ó en g en el conjunto del periodo experimental.

Se deduce de las ecuaciones anteriores que los valores de STTD del P sólo pueden calcularse si se dispone de una estimación de las pérdidas basales endógenas de P. Como

ya se ha mencionado, este valor se determina utilizando una dieta libre de P, pero debido a que la variabilidad entre experimentos es relativamente pequeña, puede utilizarse como aproximación un valor medio de 200 mg/kg de materia seca ingerida.

#### 4.- FORMULACIÓN PRÁCTICA DE DIETAS

La principal desventaja para la utilización de los valores ATTD del P es que no siempre son aditivos en piensos compuestos, como consecuencia de la influencia del nivel de P en el pienso sobre los valores determinados de ATTD.

Si se asume un valor constante para las pérdidas endógenas basales, es posible calcular valores de STTD del P a partir de experimentos en los que se determinaron los efectos del P de la dieta sobre su ATTD. A modo de ejemplo, en el experimento de Fan et al. (2001), diferentes niveles de inclusión de harina de soja resultaron en piensos que contenían 0,11, 0,21, 0,32 y 0,43% de P y en valores de la ATTD del P en estas dietas de un 18,8, 37,6, 38,5 y 45,2%, respectivamente (cuadro 2).

**Cuadro 2.- Efecto de la concentración de P en la dieta sobre los valores de digestibilidad fecal aparente (ATTD) y estandarizada (STTD) del P<sup>1</sup>**

Item	Harina de soja en el pienso, %			
	13,6	27,3	40,8	54,6
P, g/kg MS dieta	1,1	2,1	3,2	4,3
ATTD, %	18,8	37,6	38,5	45,2
STTD <sup>2</sup> , %	43,4	48,4	44,7	48,1

<sup>1</sup>Valores según Fan et al. (2001), n = 4.

<sup>2</sup>Los valores de STTD del P fueron calculados corrigiendo los valores ATTD por unas pérdidas endógenas basales estimadas en 200 mg/kg MS ingerida.

Si los valores de ATTD se corrigen por las pérdidas endógenas basales de P y se asume un valor medio de éstas de 200 mg/kg materia seca ingerida, pueden deducirse unos valores de STTD del P de 43,4, 48,4, 44,7 y 48,1% para los cuatro piensos. Puede entonces concluirse que las diferencias entre los valores en los valores STTD son mucho menores que las de los valores ATTD y que los efectos del nivel de P en el pienso han sido eliminados cuando de usan los valores STTD.

Una conclusión similar se obtuvo en un experimento reciente (Kim et al., 2010) en el que fueron determinados los valores ATTD y STTD del P lactosuero en polvo y en dos fuentes de permeato de suero (Perlac 850 y Variolac 960). Los piensos que contenían

lactosuero en polvo o Perlac 850 contenían un 0,20% de P, mientras que la de Variolac 960 contenía sólo un 0,04% de P. Las ATTD del P en el lactosuero y en el Perlac 850 (84,3 y 86,1%, respectivamente) fueron superiores ( $P < 0,05$ ) que en el Variolac 960 (55,9%), pero no se observaron diferencias para la STTD de los tres ingredientes (91,2, 93,1 y 91,8%, respectivamente).

**Cuadro 3.- Diferencias en los valores para digestibilidad fecal aparente (ATTD) y digestibilidad fecal estandarizada (STTD) del P en productos derivados del suero suministrados a lechones<sup>1,2</sup>**

Item	Producto lácteo			EEM	Nivel significación (P)
	Lactosuero	Permeato de suero	Permeato de suero bajo en cenizas		
P en la dieta, %	0,203	0,202	0,040	-	-
ATTD del P	84,3 <sup>a</sup>	86,1 <sup>a</sup>	55,9 <sup>b</sup>	2,08	< 0,001
STTD del P <sup>3</sup>	91,2	93,1	91,8	2,08	0,813

<sup>a,b</sup> Valores en la misma fila con distinto superíndice difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>Valores según Kim et al. (2011).

<sup>2</sup>Cada media ajustada por mínimos cuadrados representa ocho observaciones.

<sup>3</sup>Los valores de STTD del P fueron calculados corrigiendo los valores ATTD por las pérdidas endógenas basales de P, determinadas en  $153 \pm 11.2$  mg/kg MS ingerida en cerdos alimentados con una dieta libre de P.

Los datos de ambos experimentos ilustran por tanto claramente que mediante el uso de los valores STTD se elimina la influencia de las variaciones en el nivel de P del pienso. Las dietas pueden por consiguiente ser formuladas con mayor precisión en la práctica utilizando los valores de digestibilidad del P STTD en lugar de los valores ATTD. Estos principios son equivalentes a los reportados previamente para aminoácidos, donde se demostró igualmente que los valores de digestibilidad ileal estandarizada son más aditivos en dietas mixtas que los de digestibilidad ileal aparente (Stein et al., 2005).

## 5.- CONCLUSIONES

Cuando se formulan dietas prácticas para ganado porcino, deben utilizarse valores de STTD del P en todos los ingredientes. Estos valores se calculan corrigiendo los valores de ATTD del P por unas pérdidas endógenas basales promedio de 200 mg/kg materia seca ingerida. Es, por tanto, posible calcular valores STTD para todas las materias primas para las que se disponga de valores de ATTD. Los valores de STTD son aditivos en piensos compuestos, lo que resulta en una predicción más precisa de la concentración del pienso en P digestible. Adicionalmente, la excreción fecal de P puede también ser calculada, lo que permite la estimación de la excreción de P en el estiércol.

## 6.- REFERENCIAS

- AKINMUSIRE, A.S. y ADEOLA, O. (2009) *J. Anim. Sci.* 87, 977-983.
- ALMEIDA, F.N. y STEIN, H.H. (2010) *J. Anim. Sci.* 88, 2968-2977.
- BÜNZEN, S. (2009) *Digestibilidade do fosforo de alimentos e exigencia de fosforo degestivel de aves e suinos*. Vicosa MG: UFV, 2009. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicosa.
- FAN, M.Z., ARCHBOLD, T., SAUER, W.C., LACKEYRAM, D., RIDEOUT, T., GAO, Y., DE LANGE, C.F.M. y HACKER, R.R. (2001) *J. Nutr.* 131, 2388-2396.
- KIM, B.G., LEE, J.W. y STEIN, H.H. (2011) *J. Anim. Sci.* 88, doi: 10.2527/jas.2011-4145.
- VON LANTZSCH, H., GUTTE, J.O., MOLNÀR, S. y LENKEIT, W. (1965) *Z. Tierphysiol. Tierernahrg. Futtermittelknde.* 20, 120-132.
- PETERSEN, G.I. y STEIN, H.H. (2006) *J. Anim. Sci.* 84, 2126-2132.
- SHEN, Y., FAN, M.Z., AJAKAIYE, A. y ARCHBOLD, T. (2002) *J. Nutr.* 132, 1199-1206.
- STEIN, H.H., PEDERSEN, C., WIRT, A.R. y BOHLKE, R.A. (2005) *J. Anim. Sci.* 83, 2387-2395.